云 南 植 物 研 究 1995; 17 (2): 175—181
Acta Botanica Yunnanica

哀牢山北部木果石栎林的元素积累及循环*

刘文耀 谢寿昌 谢克金 李寿昌
（中国科学院昆明生态研究所，昆明 650223）

摘要 根据对哀牢山北部徐家坝地区木果石栎林化学元素的吸收、分布及其生物循环的研究结果表明，碳素在树干中含量最高，而其它元素的含量均以叶片最高，枝和根其次，树干最低。该森林群落中碳、氮、磷、钾、钙、镁、锰、钠、铝和铁元素的积累量达 260 346kg／hm²，其中乔木层的元素积累量占该群落元素总积累量的 98.5%，灌木层和草本层的元素积累量仅分别占 1.3%和 0.2%。在该群落中各元素的积累量以碳＞钙＞氮＞钾＞镁＞铝＞磷＞钠＞铁＞锰为序。碳、钙和氮在树干中积累最多，铁和钾在根系中积累较多。土壤中碳、氮和铝的贮量较高，磷、镁和钾较少。该群落元素的年吸收量分别为：碳 8409，氮 84，磷 10，钾 56，钙 92，镁 19，锰 10，铝 12 和铁 5 kg／hm²。通过凋落物每年归还给土壤的元素总量的约 3 872kg／hm²，其中以碳、钙和氮的归还量最多，分别占年总归还量的 95.7%，1.4%和 1.4%。在该群落中各元素的循环周转期分别为：碳 69 年，氮 29 年，磷 46 年，钾 48 年，钙 38 年，镁 31 年，锰 19 年，铝 60 年和铁 184 年。

关键词 木果石栎林，化学元素，积累量，生物循环

STUDY ON THE ACCUMULATION AND BIOLOGICAL CYCLES OF CHEMICAL ELEMENTS IN LITHOCARPUS XYLOCARPUS FOREST IN NORTH SIDE OF AILAO MOUNTAIN

LIU Wen-Yao, XIE Shou-Chang, XIE Ke-Jin, LI Shou-Chang
(*Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences*, Kunming 650223)

Abstract The paper deals with the absorption, distribution and biological cycles of chemical elements in *L. xylocarpus* forest in north side of Ailao Mountain, Yunnan province. The results show that C is the most abundant element in the various plants of the forest community, especially in the trunk of trees. The content of inorganic elements from leaves, branches, roots and trunk graduately declined. The accumulation of chemical elements in the community are estimated 260 346kg／hm², in which the accumulation ofchemical elements in tree layer account for 98.7% of the total. The accumulation of chemical elements in the community decreases in the order of C＞Ca＞N＞Mg＞Al＞P＞Na＞Fe＞Mn. C, Ca and N are stored mainly in trunk. Al and Fe are stored mainly in roots. The sequence of N＞Al＞Na＞Ca＞K＞Mg＞P is shown in soil nutrient pool. The annual uptake 8409kg／hm² for C, 84kg／hm² for N, 10kg／hm² for

*国家自然科学基金资助项目，并得到云南省自然科学基金资助。
1994-03-30 收稿，1994-07-08 修回

P, 56kg / hm^2 for K, 92kg / hm^2 for Ca, 19kg / hm^2 for Mg, 10kg / hm^2 for Mn, 12kg / hm^2 for Al and 5kg / hm^2 for Fe. The speed of turnover period(yr) is 69, 29, 46, 48, 38, 31, 19, 60 and 184, respectively.

Key words *Lithocarpus xylocarpus* forest, Chemical element, Accumulation, Biological cycle

木果石砾林是云南哀牢山北部地区分布最广、面积最大的一类中山湿性常绿阔叶林，由于这里交通不便，受人为干扰少，基本上保持了原始状态，是开展森林生态系统研究的理想场所。自 1982 年以来，一些学者已对该区木果石栎林的组成、结构、生物量及主要优势种的生长规律等进行了较多的研究[1—3]，但有关该类森林群落元素积累和循环方面的研究尚未有过报道。从其它相关的研究来看，对人工林工作较多，对复杂的自然林特别是多树种共优的热带亚热带阔叶林的工作很少。本文通过对木果石栎林各层次主要优势种的元素吸收、分布和生物循环的较深入研究，为该区森林生态系统结构和功能的动态监测研究，合理地保护及利用森林资源提供科学依据。

自然概况和研究方法

研究地点位于云南哀牢山北部的徐家坝，有关该区的环境条件已有过报道[1]。木果石栎林是本区主要的森林类型，此类森林一般可分为 3 层；乔木层主要是由木果石栎（*Lithocarpus xylocarpus*），绿叶润楠（*Machilus virdis*），腾冲栲（*Castanopsis wattii*），红花木莲（*Manglietia insignis*），滇木荷（*Schima noronhae*），景东石栎（*L. chintungensis*），舟柄茶（*Hartia sinensis*）等组成，郁闭度达 0.9。灌木层以箭竹（*Sinarundinaria nitida*）为主，其它还有卡瑞香（*Daphne cannabina*），丛花山矾（*Symplocos poilanei*），大黄莲（*Mahonia mairei*）等，层盖度 70%左右。在草本层中蕨类占的比例较大，主要有滇西瘤足蕨（*Plagiogyria communis*），黑鳞耳蕨（*Polystichum makinoi*），细梗苔草（*Cares teinogyna*）等，层盖度约 30%。林下枯枝落叶层厚度 5—7cm，土壤类型为山地黄棕壤。

1992 年 3—4 月在木果石栎林地分别采集植物、枯枝落叶和土壤的分析样品。根据该森林群落的组成为多种共优的特点，植物样品按种类和层次的不同，分别采集各主要优势种的叶、枝、干和根系的样品；枯枝落叶结合其干重的测定进行采样；土壤样品采自 2 个土壤剖面，分层取样进行分析。植物枯枝落叶和土壤中的碳用重铬酸钾法测定，氮用扩散吸收法测定，磷用矾钼黄比色法测定, 钾、钙、镁、锰和钠用原子吸收法测定，铁和铝的测定采用 ICP-AES 发射光谱。所得分析数据均以平均值表示。

结果与分析

1.木果石栎林优势植物的化学元素含量

根据对木果石栎林生物量的研究结果[2]，我们选择占乔木层总生物量 95.4%的木果石栎、绿叶润楠、腾冲栲、滇木荷、红花木莲、舟柄茶和景东石栎 7 种乔木植物为代表；在灌木层中选择优势植物箭竹为代表，它占整个灌木层生物量的 99.2%；草本层中则选择以滇西瘤足蕨为主的蕨类植物，它们约占草本层生物量的 64%。表 1 为各层次优势植物不同器官的化学元素含量。

由表 1 中可看出，化学元素含量在不同植物种类和不同器官上均有明显差异。在所测 7 种优势乔木植物中，树干是含碳量最高的部位，达 46.2%—52.3%，其中以红花木莲树干中的含量最大。除碳以外，叶片中大多数元素的含量都高于其它器官。在上述 7 种树木中，叶片含氮量在 1.04%—1.44%之间，其中以景东石栎最高，腾冲栲次之，绿叶润楠、木果石栎更次之；且叶片的氮含量均为枝条的 1 倍以上。钾在叶片中的含量也较高，其范围 0.25%—1.02%，尤以滇木荷为高。钙在这些植物叶片中的含

表 1　木果石栎林优势植物的化学元素含量

Table 1　The chemical element contents in dominant plants in *L. xylocarpus* forest(%)

种类 Species	器官 Organ	化学元素含量 Chemical element contents									
		Org.C	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Al	Fe
木果石栎 Lithocarpus xylocarpus	叶 Leaf	41.161	1.220	0.079	0.592	0.550	0.162	0.041	0.076	0.065	0.018
	枝 Branch	49.869	0.471	0.088	0.548	0.620	0.172	0.013	0.078	0.055	0.015
	干 Trunk	50.830	0.139	0.014	0.110	0.349	0.019	0.003	0.037	0.031	0.006
	根 Root	48.362	0.428	0.095	0.251	0.242	0.150	0.006	0.011	0.139	0.110
绿叶润楠 Machilus virdis	叶 leaf	41.051	1.274	0.092	0.591	0.490	0.348	0.049	0.064	0.084	0.014
	枝 Branch	49.227	0.352	0.061	0.318	0.605	0.232	0.028	0.047	0.044	0.013
	干 Trunk	50.640	0.229	0.019	0.130	0.489	0.028	0.008	0.014	0.026	0.007
	根 Root	49.851	0.419	0.051	0.411	0.492	0.096	0.093	0.087	0.102	0.110
腾冲栲 Castanopsis wattii	叶 Leaf	40.381	1.433	0.099	0.430	0.709	0.491	0.045	0.061	0.086	0.013
	枝 Branch	44.330	0.452	0.074	0.340	0.806	0.161	0.018	0.034	0.069	0.013
	干 Trunk	46.230	0.301	0.068	0.288	0.121	0.036	0.003	0.012	0.018	0.011
	根 Root	45.005	0.468	0.055	0.302	0.728	0.087	0.102	0.201	0.006	0.011
滇木荷 Schima noronhae	叶 Leaf	42.505	1.038	0.082	1.019	0.493	0.331	0.072	0.119	0.110	0.015
	枝 Branch	50.166	0.308	0.075	0.592	0.533	0.137	0.051	0.081	0.058	0.018
	干 Trunk	51.671	0.150	0.013	0.111	0.129	0.023	0.068	0.011	0.007	0.006
	根 Root	50.928	0.289	0.075	0.530	0.428	0.131	0.018	0.032	0.307	0.152
红花木莲 Manglietia insignis	叶 Leaf	41.842	1.122	0.074	0.889	0.450	0.363	0.065	0.048	0.082	0.017
	枝 Branch	49.906	0.544	0.051	0.320	0.582	0.133	0.037	0.039	0.041	0.011
	干 Trunk	52.250	0.128	0.019	0.088	0.201	0.028	0.051	0.012	0.021	0.014
	根 Root	45.069	0.421	0.048	0.462	0.220	0.191	0.016	0.055	0.362	0.270
舟柄茶 Hartia sinensis	叶 Leaf	42.611	1.085	0.083	0.253	0.641	0.330	0.038	0.041	0.658	0.01
	枝 Branch	47.049	0.317	0.045	0.302	0.690	0.132	0.027	0.033	0.181	0.022
	干 Trunk	49.010	0.106	0.023	0.169	0.461	0.061	0.006	0.022	0.051	0.008
	根 Root	48.262	0.138	0.032	0.320	0.488	0.211	0.039	0.034	0.309	0.061
景东石栎 Lithocarpus chintungensis	叶 Leaf	43.310	1.440	0.121	0.858	0.550	0.182	0.038	0.087	0.055	0.012
	枝 Branch	48.261	0.486	0.119	0.520	0.604	0.079	0.011	0.065	0.056	0.011
	干 Trunk	52.111	0.201	0.021	0.220	0.560	0.025	0.003	0.037	0.039	0.018
	根 Root	48.318	0.361	0.054	0.191	0.558	0.074	0.015	0.017	0.169	0.278
箭竹 Sinarundinaria nitida	叶 Leaf	36.512	2.138	0.109	0.932	0.220	0.081	0.034	0.027	0.025	0.023
	枝 Branch	43.710	0.757	0.061	0.649	0.191	0.048	0.033	0.047	0.059	0.046
	干 Trunk	47.429	0.281	0.022	0.690	0.122	0.028	0.065	0.011	0.033	0.023
	根 Root	45.730	0.388	0.033	0.711	0.106	0.045	0.038	0.015	0.389	0.211
滇西瘤足蕨 Plagiogyria communis	地上部分 Aboverground parts	40.448	1.733	0.053	0.303	0.221	0.190	0.074	0.046	0.091	0.019
	地下部分 Underground parts	40.931	1.029	0.110	0.529	0.131	0.272	0.021	0.038	0.309	0.130

量为 0.45%—0.71%；磷与氮的含量有一定的相关性，而且二者的含量比值的高低在一定的程度上可以说明林木所处立地条件的好坏[4]，在所测树木叶片中磷与氮的含量比为 1∶12.2—15.4，比 Garten 报道的 1∶10[5] 有所偏高，与翟明普等人[4]测定结果相接近，这反映出本区立地条件较有利于林木生长发

育。镁、钠和锰元素的含量在叶片和枝条中相对较高；铝和铁在多数植物根系中的含量都高于其地上部分各器官的含量。

与我国其它地区亚热带常绿阔叶林的主要树种如青冈栎（*Cyclobalanopsis glauca*）、滇青冈（*C. glaucoides*）、元江栲（*Castnopsis orthacantha*）、木荷（*Schima superba*）等种类叶片主要化学元素含量：氮0.96%—1.43%，磷0.16%—0.083%，钾0.021%—0.919%，钙0.139%—2.126%，钠0.024%—0.103%相比较[6]，本区腾冲栲、绿叶润楠和景东石栎叶片中的磷含量较高，滇木荷叶片中的钾含量有所偏高，其它元素含量的差异不明显。

灌木层优势植物箭竹各器官的元素含量除茎干中碳素含量高外，其它元素的含量以叶、枝、干、根为序递减。叶片中各类元素的含量分别为：碳36.5%，氮2.14%，钾0.93%，钙0.22%，磷0.11%，镁0.081%；锰、钠、铝和铁元素的含量相差不大，为0.023%—0.034%。枝条中氮、磷、钾的含量仅为叶片的35%—68%，钙和镁的含量为叶片的40%—60%。根系中元素含量除铝和铁含量较高外，其它元素含量均低于其地上部分。草本层中以滇西瘤足蕨为代表的蕨类植物，地上部分器官中氮、钙、锰和钠元素含量较高，而其它元素低于其地下根系的含量。

表2 木果石栎林不同层次植物的化学元素积累量

Table 2 The accumulation of chemical elements in different layer in *L. xylocarpus* forest (kg / hm^2

层次 Layer	器官 Organ	化学元素含量 Chemical element contents									
		Org.C	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Al	Fe
乔木层 Tree layer	叶 Leaf	1711.74	50.98	3.67	24.88	22.88	11.17	1.84	2.75	6.77	0.74
	枝 Branch	17586.67	145.49	26.18	155.47	213.31	52.79	7.94	20.65	22.69	8.21
	干 Trunk	159734.21	651.07	95.03	546.53	1066.32	91.66	32.44	69.23	84.63	27.76
	根 Root	72539.29	541.65	103.12	556.70	704.65	172.99	81.82	123.67	207.36	142.72
	合计 Total	250571.91	1338.21	228.00	1283.68	2007.66	328.61	124.04	216.30	321.45	179.43
灌木层 Shrub layer	叶 Leaf	288.43	16.91	0.86	7.35	1.77	0.64	0.27	0.22	0.20	0.18
	枝 Branch	240.41	4.18	0.34	3.58	1.04	0.26	0.18	0.26	0.32	0.25
	干 Trunk	2362.01	13.94	1.10	34.36	5.27	1.39	3.24	0.55	1.64	1.15
	根 Root	489.31	4.17	0.35	7.60	1.13	0.48	0.41	0.16	4.17	2.25
	合计 Total	3380.16	39.20	2.65	52.89	9.21	2.77	4.10	1.19	6.33	3.83
草本层 Herb layer	地上部分 Aboverro-und parts	266.97	11.44	0.35	2.00	1.46	1.28	0.49	0.30	0.59	0.13
	地下部分 Undergro-und parts	196.42	4.94	0.54	2.55	0.60	1.32	0.10	0.18	1.48	0.71
总计 Sum		254415.46	1444.27	231.54	1341.12	2018.93	333.98	128.73	217.97	329.85	184.10

2. 木果石栎林不同层次植物的元素积累量

木果石栎林元素的积累量与该森林群落的生物量密切相关。据木果石栎林生物量的研究[2]，该类森林群落的总生物量为499.17 t / hm^2，灌木层和草本层分别为7.39t / hm^{2}和1.14t / hm^2。木果石栎林地上部分与地下部分生物量之比为43.2%，在地下部分生物量组成中，乔木树种根系占总根量的98.71%，灌木和草本植物根系仅占1.03%。在乔木层生物量中以树干占的比重最大，占乔木层总生物量的62.6%，根系占30.4%，枝条和叶片分别占6.3%和0.7%。乔木层各器官元素的积累量与其生物量的大小顺序一致，为树干>根系>枝条>叶片。各类元素在不同器官中的积累量有所不同（表2），碳在树

干中的积累量最多，占乔木层碳的总积累量的 64%。氮和钙的积累量也较多，分别占乔木层相应元素总积累量的 47%和 53%。磷和钾在根系中积累最多，而树干积累量其次，它们分别占乔木层磷的总积累的 45%和 42%，占钾的总积累量的 43%和 42%；镁、锰、钠、铝和铁在根系中积累也较多，尤其是铝和铁的积累量占乔木层铝的总积累量的 60%和铁的总积累量的 80%。就乔木层元素积累量的树种分配情况看，以木果石栎的积累最多，其次为绿叶润楠和腾冲栲，这 3 种植物所积累的元素量占乔木层元素总积累量的 52%左右。乔木层中各类元素积累量的大小顺序为：碳＞钙＞氮＞钾＞镁＞铝＞磷＞钠＞铁＞锰，这与刺槐林和油松林的元素积累特点相似[7,8]。

在灌木层中碳的积累量仍为最高，除此之外，灌木层地上部分元素积累量以氮、钾、钙较高，其次为锰、镁和磷。铝和铁在灌木层地下根系中的积累量则明显高于其地上部分。灌木层元素积累量是以碳＞钾＞氮＞钙＞铝＞锰＞铁＞镁＞磷＞钠为序，这和乔木层元素积累的特点有所不同。与木本层一样，草本层中碳素积累量大大高于其它元素；氮、钾、钙、镁和铝亦较高。磷、锰、钠和铁的积累量小于 1kg／hm^2。草本层元素积累量的大小排序为碳＞氮＞钾＞镁＞铝＞钙＞磷＞铁＞锰＞钠。

3. 枯枝落叶和土壤中元素含量及积累量

据测定，哀牢山北段徐家坝地区木果石栎林的枯枝落叶层主要由未分解和半分解两部分组成，其现存量达 16.25t／hm^2。林下土壤为山地黄棕壤，从植物根系分布情况看，在 50cm 以内的深度根量最多，其土壤的平均容量为 0.72g／cm^3，在面积为 1 公顷，深度为 50cm 的容积内，土壤干重为 3600t。经测定，枯枝落叶中钾的含量比各种植物活叶、枝要低，而铝和铁的含量则有明显增加，其它元素变化不显著（表 3）。枯枝落叶中积累的元素量以碳最高，达 5564 kg／hm^2，铝和铁亦较多，为 191—192 kg／hm^2，氮为 132kg／hm^2，钙、钾和镁为 20—67kg／hm^2，磷和锰约为 12—15kg／hm^2，钠则不到 1kg／hm^2。土壤中元素的含量除碳和全氮较高外，植物利于吸收的有效态元素的含量以铝为高，钠和钙亦较丰富。而植物所需数量较多的磷、钾和镁在土壤中的含量较低。土壤的元素贮量大小与其元素含量高低基本一致，即为碳＞氮＞铝＞钠＞钙＞钾＞镁＞磷。对比植物和枯枝落叶元素积累量与土壤中易被植物利用的代换性元素的贮量，可以看出，土壤中贮量高的元素在植物及其枯枝落中的积累量亦较多，这与陈灵芝等人[7]的研究结果相一致。

表 3　枯枝落叶和土壤的化学元素含量及其总量*

Table 3　The content and amount of chemical elements in litter and soil

项　　目 Items		化学元素含量 Chemical elemical element contents									
		Org.C	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Al	Fe
枯枝落叶 Litter	(%)	34.241	0.809	0.091	0.301	0.410	0.121	0.078	0.005	1.179	1.180
	(kg／hm^2)	5564.00	132.28	14.79	48.91	66.63	20.15	12.68	0.81	192.07	191.43
土壤 Soil	(%)	4.850	0.369	0.003	0.009	0.059	0.007	—	0.064	0.066	—
	(kg／hm^2)	174600	12960	119	338	2156	245	—	2304	2376	—

*　土壤中除C，N测定为全量外，其余均为代换性离子 The measursse chemical elements are exchangabl except C and which are total amount in soil.

4. 木果石栎林中元素的存留量、归还量、吸收量和周转期

在森林植物群落中，养分元素通过生物的吸收、存留和归还三部分形成循环。其中元素的存留量是指一年内群落净积累在植物体内的元素总重量；归还量则指每年通过凋落物和雨水淋洗归还给土壤的元

素总重量。吸收量为存留量与归还量的总和[8,9]。据测定①，本区木果石栎林乔木层年平均净生长量为11.79t/hm²，灌木层和草本层分别为0.24t/hm²和0.08t/hm²，年平均凋落量为6.77t/hm²。将该群落各层次的元素存留量、群落元素的归还量及吸收量和周转期的计算结果列于表4。由表中可知，该群落中元素的存留量以碳最多，约为4.86t/hm²·a，钙、氮和钾约为32—38t/hm²·a，其它元素的存留量为2—6t/hm²·a。乔木层的元素存留量明显高于其它层次，约占该群落元素总存留量的97.7%，每年通过凋落物返回给地表枯枝落叶层的元素归还量，除碳以外，钙和氮较高，磷、铝和铁相对较低。与其它地区森林相比较，本区该类森林年枯落归还的氮、磷、钾、钙和镁5种营养元素量，要略高于瑞典山毛榉林[8]和日本天然阔叶林[9]的归还量，而比广东鼎湖山南亚热带常绿阔叶林[10]的低。

表4 化学元素在木果石栎林的存留量，归还量和周转期

Table 4 The retention, restitution and turnover period of chemical elements in *L. xylocarpus* forest

项目 Items	化学元素含量 Chemical element									
	Org.C	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Al	Fe
乔木层存留量 Retention in tree layer (kg/hm²·a)	4599.42	29.60	4.64	26.55	38.94	7.90	2.67	4.41	6.27	3.75
灌木层存留量 Retention in shrub layer (kg/hm²·a)	87.02	0.88	0.07	1.30	0.26	0.08	0.09	0.04	0.31	0.18
草本层存留量 Retention in herb layer (kg/hm²·a)	13.59	0.34	0.04	0.18	0.04	0.09	0.01	0.01	0.10	0.05
群落总存留量 Total Retention in commvuity (kg/hm²·a)	4700.03	30.82	4.75	28.03	39.24	8.07	2.77	4.46	6.68	3.98
枯枝落叶归还量* Retitution from litter (kg/hm²·a)	3709.28	52.70	5.00	28.00	53.10	10.69	6.89	—	5.50	1.00
群落的吸收量 Absorption by community (kg/hm²·a)	8409.31	83.52	9.75	56.03	92.34	18.76	9.66	—	12.18	4.98
利用系数 Utilization coefficient	0.03	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	—	0.04	0.03
循环系数 Cycling coefficient	0.44	0.63	0.51	0.50	0.58	0.57	0.71	—	0.60	0.20
周转期 Turnover period(a)	69.59	27.41	46.25	47.90	38.02	31.24	18.68	—	59.97	184.10

* 据薛警义等人的测定，本区该类森林群落中营养元素的淋洗量很少，这里的归还量未包括淋洗的部分

The elements retitution except leaching which is small in the forest community according to observation of Xiue Jingyi and so on.

本区木果石栎林中各元素的吸收量也有所不同，所测元素的吸收量分别是：碳8409，钙92，氮84，钾56，镁19，铝12，磷10，锰10和铁5kg/hm².a，显然，本区林木对碳、钙、氮和钾的吸收量要高于其它元素。在这些元素中除碳素主要从大气中固定外，其它无机元素主要从土壤中吸收而得。根

①谢寿昌等. 木果石栎森林群落的生物量和生产力(待发表)

据元素的吸收量与总贮量之比，归还量与吸收量之比和总贮量与归还量之比，可以分别估算出元素的利用系数（率）、循环系数（率）和周转期[11]。由表 4 可知，在该群落中锰、镁和氮的利用系数和循环系数均较高，周转期较短；而铁、铝和和碳的利用及循环系数均较低，周转期都较长。但是，从总的来看，养分元素在该类森林群落中的循环周期都是比较长的，这与本区域常年阴冷潮湿，枯落物分解和转化强度较低，以及该地区人为干扰少，林龄长，生物量高等因素有密切的关系，也是它独特的规律。

小结与讨论

综上所述，哀牢山北部徐家坝地区木果石栎林积累有较多的养分元素，其中各养分元素积累量以碳＞钙＞氮＞钾＞镁＞铝＞磷＞钠＞铁＞锰为序。而且元素积累量的器官分布为树干＞根系＞枝条＞叶片。根据有关的研究[12]，认为营养元素在植物各部器官中的积累和分布与群落的发展过程相关，一般在未成熟群落中，叶片的营养元素积累量大于枝条，相反在成熟的群落中枝条大于叶片。在鼎湖山黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落中，氮素在叶片中的积累量高于枝条，表明比类群落尚处于生长发育过程中[11]。而在本区木果石栎林中叶片的营养元素积累量已明显低于枝条，说明该群落已进入成熟阶段，这与邱学忠、谢寿昌等人的生长分析结果[2,3]相一致。

与其它森林相比较，本区木果石栎林中氮、磷、钾、钙、镁等主要营养元素的循环率比美国哈巴德布鲁布克栎林[13]和河南泡桐林[13]分别低 30.8%和 17.4%，与瑞典山毛榉林[8]接近，而略高于日本阔叶林[9]，处于中下水平。按照 Rodin 等人的观点[8]，以地表枯枝落叶现存量与年凋落量的比值（该群落为 2.40）确定植物群落生物循环的强度，该群落的循环强度也属于较慢的范围。显然，上述养分循环特点的形成是森林植物与其环境之间经过长期的演变而相互适应的结果。任何对森林生态系统的破坏活动，都将直接影响到其系统内部的循环过程及系统结构的稳定。因此，应该尽量减少人为活动对森林生态系统的干扰和破坏，加强林冠及地被物层的保护，保证营养物质全部归还到土壤中去，从而维持生态系统的稳定和发展以及区域自然生态平衡。

参 考 文 献

〔1〕吴邦兴，范家瑞. 哀牢山徐家坝中山湿性常绿阔叶林区系结构. 林业科学，1990，**26**(5)：396—401.

〔2〕邱学踪，谢寿昌，荆桂芬. 云南哀牢山徐家坝地区木果石栎林生物量的初步研究. 云南植物研究，1984，**6**(1): 85.

〔3〕谢寿昌，邱学忠，荆桂芬. 哀牢山徐家坝地区木果石栎林主要树种生长规律的初步研究. 见中国科学院昆明分院生态研究室编，云南哀牢山森林生态系统研究. 昆明：云南科技出版社，1983. 183—201.

〔4〕翟明普，夏祖延，曹玉英. 油松人工林中林木叶的元素含量及其年度和季节的变化. 林业科学，1987，**23**(3): 286.

〔5〕Garten C T Jr. Correlations between concentration of elements in plant. *Nature*, 1976, **261:** 686—688.

〔6〕侯学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分. 北京：科学出版社，1982. 99—108.

〔7〕陈灵芝，孔繁志，缪有贵等. 北京人工刺槐林化学元素含量特征. 植物生态学与地植物学学报，1988，**12**(4): 245.

〔8〕陈灵芝，胡肆慧，孔繁志等. 人工油松林的化学元素特征. 植物学报，1987，**29**(3): 302—308.

〔9〕Duvigneaud P, Smet S D. 陆地生态系统矿质循环. 植物生态学译从，1982，(4)：144—170.

〔10〕Tsutaumi T. 森林生态系统中营养元素的积累和循环. 植物生态学译丛，1982，(4)：171—180.

〔11〕翁轰，李志安，屠梦照等. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. 植物生态学与地植物学学报，1993，**17**(4): 299—304.

〔12〕莫江明，丁明懋，张祝平等. 鼎湖山黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落氮素的积累和循环. 植物生态学报，1994，**18**(2): 140—146.

〔13〕Kimmins J P. Forest Ecology. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 68—128.

〔13〕李树人，李炳文，刘正芳. 泡桐林营养元素的积累和循环. 林业科学，1988，**24**(1): 1—9.